

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/FR05/000645

International filing date: 16 March 2005 (16.03.2005)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: FR
Number: 0450593
Filing date: 25 March 2004 (25.03.2004)

Date of receipt at the International Bureau: 27 May 2005 (27.05.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 25 MARS 2005

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIETE
INDUSTRIELLE

SIEGE

26 bis, rue de Saint-Petersbourg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr





BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITE

26bis, rue de Saint-Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone: 01 53.04.53.04 Télécopie: 01.42.94.86.54

Code de la propriété intellectuelle-livre VI
REQUÊTE EN DÉLIVRANCE

DATE DE REMISE DES PIÈCES: N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL: DÉPARTEMENT DE DÉPÔT: DATE DE DÉPÔT:	CABINET GRYNWALD M. Albert GRYNWALD 127 rue du Faubourg Poissonnière 75009 PARIS France
Vos références pour ce dossier: B11265	

1 NATURE DE LA DEMANDE			
Demande de brevet			
2 TITRE DE L'INVENTION			
PROCEDE DE DECODAGE CONJOINT SOURCE-CANAL ET DECODEUR CONJOINT SOURCE-CANAL ASSOCIE			
3 DECLARATION DE PRIORITE OU REQUETE DU BENEFICE DE LA DATE DE DEPOT D'UNE DEMANDE ANTERIEURE FRANCAISE		Pays ou organisation	Date
4-1 DEMANDEUR		N°	
Nom Rue Code postal et ville Pays Nationalité Forme juridique N° SIREN Code APE-NAF	FRANCE TELECOM 6 Place d'Alleray 75740 PARIS CEDEX 15 France France Société anonyme 380 129 866 642C		
5A MANDATAIRE			
Nom Qualité Affaire suivie par Rue Code postal et ville N° de téléphone N° de télécopie Courrier électronique	CABINET GRYNWALD Cabinet CPI, Pas de pouvoir M. Albert GRYNWALD 127 rue du Faubourg Poissonnière 75009 PARIS 01 53 32 77 41 01 53 32 77 94 agrynwald@cabinetgrynwald.com		
6 DOCUMENTS ET FICHIERS JOINTS		Fichier électronique	Pages
Texte du brevet Dessins Désignation d'inventeurs		textebrevet.pdf dessins.pdf	16 5
			Détails D 13, R 2, AB 1 page 5, figures 5, Abrégé: page 5, Fig.2

7 MODE DE PAIEMENT

Mode de paiement	Prélèvement du compte courant
Numéro du compte client	3339

8 RAPPORT DE RECHERCHE

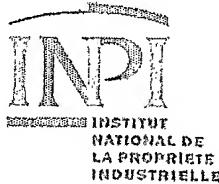
Etablissement immédiat

9 REDEVANCES JOINTES	Devise	Taux	Quantité	Montant à payer
062 Dépôt	EURO	0.00	1.00	0.00
063 Rapport de recherche (R.R.)	EURO	320.00	1.00	320.00
068 Revendication à partir de la 11ème	EURO	15.00	4.00	60.00
Total à acquitter	EURO			380.00

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire. Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Grynwald, A.Grynwald
Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0
Fonction
CABINET GRYNWALD (Mandataire 1)



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITE

Réception électronique d'une soumission

Il est certifié par la présente qu'une demande de brevet (ou de certificat d'utilité) a été reçue par le biais du dépôt électronique sécurisé de l'INPI. Après réception, un numéro d'enregistrement et une date de réception ont été attribués automatiquement.

Demande de brevet :

Demande de CU :

DATE DE RECEPTION	25 mars 2004	Dépôt en ligne: <input checked="" type="checkbox"/> Dépôt sur support CD:
TYPE DE DEPOT	INPI (PARIS) - Dépôt électronique	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL ATTRIBUE PAR L'INPI	0450593	
Vos références pour ce dossier	B11265	

DEMANDEUR

Nom ou dénomination sociale	FRANCE TELECOM
Nombre de demandeur(s)	1
Pays	FR

TITRE DE L'INVENTION

PROCEDE DE DECODAGE CONJOINT SOURCE-CANAL ET DECODEUR CONJOINT SOURCE-CANAL ASSOCIE

DOCUMENTS ENVOYES

package-data.xml	Requetefr.PDF	fee-sheet.xml
Design.PDF	ValidLog.PDF	textebrevet.pdf
FR-office-specific-info.xml	application-body.xml	request.xml
dessins.pdf	indication-bio-deposit.xml	

EFFECTUE PAR

Effectué par:	A.Grynowald
Date et heures de réception électronique:	25 mars 2004 17:55:15
Empreinte officielle du dépôt	04:AB:6C:B9:8C:87:06:A2:95:14:8A:9D:7C:15:E3:31:1E:A4:F2:2E

/ INPI PARIS, Section Dépôt /

SIEGE SOCIAL
 INSTITUT 26 bis, rue de Saint Petersbourg
 NATIONAL DE 75800 PARIS cedex 08
 LA PROPRIETE Téléphone : 01 53 04 53 04
 INDUSTRIELLE Télécopie : 01 42 93 59 30

PROCEDE DE DECODAGE CONJOINT SOURCE-CANAL ET DECODEUR CONJOINT SOURCE-CANAL ASSOCIE

La présente invention concerne un procédé de décodage conjoint source-canal. Elle concerne également un décodeur conjoint source-canal associé.

L'invention trouve une application particulièrement avantageuse dans le domaine du codage et du décodage de données numériques transmises dans un canal de communication, notamment des données transmises en codage MPEG (Moving Picture Expert Group) sur des canaux UMTS de téléphonie mobile.

Les systèmes de communication numérique les plus performants à l'heure actuelle s'appuient sur des systèmes de codage de source et de canal qui sont optimisés séparément. Le codeur de source a pour but de réduire au maximum la redondance du signal source à transmettre. Par contre, pour protéger cette information des perturbations inhérentes à toute transmission, le codeur de canal introduit de la redondance de manière contrôlée.

Concrètement, les meilleurs résultats sont obtenus en codage de source (audio, image et vidéo) par des codeurs par transformée en cosinus discrète (TCD ou DCT en anglais) ou « ondelettes » associés à des codes à longueur variable (CLV ou VLC en anglais). Tandis que pour le codage de canal le concept des Turbo Codes, et plus généralement des codeurs itératifs à décision douce, a permis de franchir un pas décisif vers la limite théorique définie par Shannon l'optimalité de la séparation du codage de source et du codage de canal n'est toutefois garantie que pour des codes de longueur tendant vers l'infini. De ce fait, les solutions optimales recherchées en pratique amènent à optimiser, avec des codes canal de longueur finie, des systèmes de codage et/ou de décodage conjoint source-canal (DCSC).

Ces dernières années, de nombreux travaux ont été réalisés dans le domaine du DCSC en particulier pour traiter le cas le plus critique, celui des

VLC pour lequel une seule erreur peut se propager sur des segments entiers du train binaire avant que le récepteur puisse se resynchroniser. Plusieurs méthodes de DCSC ont été proposées. Un de leurs points communs est la nécessité de s'appuyer sur la statistique de source pour améliorer les performances globales du décodeur dans des conditions de transmission données. Le plus souvent, les auteurs supposent que cette statistique est exactement connue du décodeur. En pratique, cela n'est pas le cas pour des signaux réels, surtout s'il s'agit, comme dans l'application évoquée plus haut de transmission MPEG4 sur des canaux UMTS, d'un signal source non stationnaire.

On connaît de l'état de la technique quatre catégories de solutions concernant le décodage des VLC, de type Huffman par exemple, transmis, avec ou sans codage canal, dans des canaux à transmission dégradée, dits canaux « bruités » :

15

a) Méthode de décodage séparé ou « tandem ».

Dans ce premier cas, décodage de canal et de source sont réalisés séquentiellement et indépendamment. De plus, le décodage de source est effectué par lecture dans des tables et correspond donc à ce que l'on appelle un « décodage dur ». Dans ce cas, seule la connaissance de la table de codage VLC est nécessaire au codeur et au décodeur et aucune information additionnelle de statistique de source n'est requise au décodeur. Le décodage « tandem » avec « décodage dur » de la source est le schéma classique dans les systèmes de communication de l'état de la technique actuel. Une référence au décodage « tandem » avec codage de canal par turbo-code est fournie par le brevet européen n° 1 230 736.

b) Méthodes de décodage avec estimation parfaite de la source.

La structure de l'arbre VLC ainsi que la statistique de valeurs discrètes de la source, ou symboles, qui lui sont associées sont supposées parfaitement et définitivement connues du décodeur. Cette statistique peut être utilisée par le décodeur de source, dans une forme dite de décodage souple, et/ou par le décodeur-canal. En ce sens, le brevet européen n°

1 203 736 déjà cité constitue une avancée significative dans la prise en compte de la statistique-source par le décodage-canal.

c) Méthodes de décodage avec estimation paramétrique de la source.

5 Dans un certain nombre de cas, on peut envisager de modéliser des sources réelles par des modèles paramétriques. C'est le cas par exemple dans l'article de A. H. Murad et T. E. Fuja, « Exploiting the residual redundancy in motion estimation vectors to improve the quality of compressed video transmitted over noisy channels », Proceedings of the Inter. Conf. on 10 Image Processing (ICIP), 4-7 Oct. 1998, où les auteurs proposent un modèle de Markov d'ordre 1 comprenant 8 paramètres pour représenter les vecteurs mouvement (VM) d'une séquence d'images animées. Ces paramètres, estimés au codeur et supposés parfaitement transmis, peuvent être ensuite 15 utilisés au décodeur pour tirer parti de la statistique de source, c'est-à-dire des probabilités de transition des symboles VLC des VM.

d) Méthodes de décodage avec estimation non paramétrique de la source.

Les méthodes de décodage qui s'affranchissent d'un modèle deviennent plus génériques et peuvent ainsi s'appliquer à différentes sources. 20 Les méthodes d'estimation connues actuellement ne concernent que l'estimation des probabilités de symboles, qu'il s'agisse de probabilités stationnaires (voir J. Wen et J. D. Villasenor, « Utilizing Soft Information in decoding of Variable Length Codes », Proceedings of DCC, Snowbird, Utah, USA, March 1999) ou, au mieux, des probabilités de transition de sources 25 Markoviennes d'ordre 1 (voir C. Weidmann et P. Siohan, « Décodage conjoint source-canal avec estimation en ligne de la source », Actes de Coresa '03, Lyon, France, janvier 2003).

Cela impose le calcul d'un nombre de probabilités stationnaires égal à la taille de l'alphabet des symboles de source, ou de probabilités de transition, 30 égal au carré de cet alphabet. Cela exclut donc, en pratique, la possibilité de transmission de cette information et impose que l'estimation soit réalisée au décodeur. Ainsi, un simple calcul réalisé pour les VM du codeur MPEG4 montre que la transmission des statistiques nécessaires, à savoir des

matrices de nombres réels de taille 65x65 par bloc de 4096 bits, exigerait une augmentation de débit inacceptable.

5 Cependant, ces différentes méthodes de décodage présentent toutes un certain nombre d'inconvénients.

Inconvénients des méthodes de type a).

10 L'inconvénient essentiel de ces méthodes est qu'elles ne tirent pas parti des connaissances a priori liées à la source pour réaliser un décodage souple source ou pour un décodage-canal aidé par la source. De nombreuses études sur la base des hypothèses de type b), c) ou d) ont pourtant montré que des gains significatifs pouvaient être obtenus grâce à une connaissance exacte ou à une estimation de la statistique de la source. On peut donc dire que, pour un schéma de transmission et un canal donnés, la méthode de type 15 a) fournit la borne inférieure en terme de performance.

Inconvénients des méthodes de type b).

20 Les méthodes de décodage qui supposent une connaissance parfaite de la statistique de source au décodeur ne peuvent s'appliquer que dans des cadres théoriques que l'on retrouve peu fréquemment en pratique. Pour un schéma de transmission et un canal donnés, la méthode de type b) fournit la borne supérieure en terme de performance.

Inconvénients des méthodes de type c).

25 Les méthodes de décodage avec estimation paramétrique de la source sont un premier pas vers une mise en œuvre dans des applications pratiques. Toutefois, la méthode décrite dans l'article de A. H. Murad et al précité présente plusieurs lacunes.

30 Tout d'abord, une première critique d'ordre général est que l'algorithme de décodage MAP (maximum a posteriori) utilisé est extrêmement complexe car il se réalise au moyen d'un treillis de décodage qui correspond au produit de 3 treillis de décodage élémentaires.

Pour ce qui est de la méthode d'estimation proprement dite, on notera que les 8 paramètres estimés au codeur sont supposés transmis sans erreur

et en une seule fois. Cette hypothèse ne tient pas compte du fait que cette transmission a un coût élevé. En effet, elle va d'abord augmenter le débit de manière significative car, en pratique, les VM constituent une source d'événements non stationnaire et les paramètres du modèle changeant fréquemment devront donc être transmis à chaque réactualisation. Ensuite, l'information transmise par les paramètres du mouvement étant très sensible, son coût de protection par codage-canal peut être élevé, ou, si son estimation est faite au décodeur, cela peut accroître l'imprécision du modèle. A cet égard, il faut souligner que, même au codeur, la modélisation des VM est assez complexe à réaliser, et, dans l'article de A. H. Murad et al précité, les auteurs reconnaissent eux-mêmes l'imperfection de leur modèle. De plus, ce modèle ne correspond pas réellement à ce qui se fait en réalité dans les standards vidéo où, pour réduire le débit, on choisit un mode différentiel pour le codage des VM, ce qui rend encore plus complexe l'obtention d'un modèle précis.

Inconvénients des méthodes de type d).

L'article de J. Wen et J. D. Villasenor précité constitue la première référence d'estimation non paramétrique de la statistique de source au décodage. Pour stopper la propagation d'erreurs, les données sont, comme c'est généralement le cas, encapsulées dans des paquets et le nombre de bits par paquet est supposé connu au décodeur. Le nombre de symboles par paquet peut être connu ou pas. L'algorithme utilisé par ces auteurs est à entrée souple et aussi à sortie souple : il donne une information de confiance sur la séquence choisie. Des simulations sur un canal à bruit blanc additif gaussien (BBAG) montrent une amélioration significative comparé au décodage dur. Dans une deuxième partie, les auteurs s'intéressent à l'estimation des probabilités de source au décodeur. Ils dérivent un algorithme passe avant, passe arrière, proche de l'algorithme Baum-Welch, dédié à l'estimation des probabilités des symboles dans le contexte VLC. Outre le fait que cette technique ne concerne que le décodage de source, son inconvénient majeur est lié à sa grande complexité. En effet, le décodeur correspond à la mise en œuvre d'une méthode générale d'obtention de la

5 séquence décodée optimale au sens du MAP. Cette approche est basée sur la programmation dynamique et n'offre pas de mode de réalisation simplifié. De plus, la méthode est limitée au calcul des probabilités stationnaires des différents symboles VLC et ne prend donc pas en compte le cas, plus intéressant du point de vue des gains potentiels en performance, des sources markoviennes.

10 Plus récemment, l'article de C. Weidmann et P. Siohan précité propose une technique de DCSC incluant, dans le décodeur de source, un module d'estimation de la statistique pour des sources markoviennes d'ordre 1. Notons tout d'abord que le principe de DCSC est basé sur la technique des 15 turbo codes série avec un premier codeur qui est un codeur à longueur variable. Le décodage applique ensuite le principe turbo entre le décodeur canal et un décodeur souple des codes VLC. Ce schéma avait été proposé initialement par Bauer et Hagenauer pour une source sans mémoire et étendu ensuite par Guyader et al au cas des sources markoviennes, en se basant à 20 chaque fois sur un critère MAP (symbole ou séquence). La méthode d'estimation décrite dans l'article de C. Weidmann et P. Siohan précité s'applique à ce type de schéma de DCSC. La partie de décodage de source est décrite sous une forme d'algorithme BCJR (Bahl Cocke Jelinek Raviv) 25 avec un treillis qui fonctionne au niveau bit et symbole. On montre ensuite qu'une variante de l'algorithme de Baum-Welch permet d'exprimer l'estimation des statistiques des symboles de source en réutilisant les variables des phases avant et arrière du BCJR.

25 Malgré ces simplifications, la méthode présente l'inconvénient d'un coût en complexité très élevé.

30 De plus, comme on le verra en détail plus loin, une comparaison faite avec une hypothèse d'estimation parfaite de la source (voir M. Jeanne, P. Siohan, J. C. Carlach, « Comparaison de deux approches du décodage conjoint source-canal pour la transmission sans fil de vidéo », Actes du colloque Gretsi, septembre 2003) a montré que cette méthode itérative est moins performante que celle proposée dans la présente invention pour les taux d'erreur binaires (TEB) les plus typiques des canaux radio mobile (<10-3).

La présente invention rentre dans le cadre des procédés de type d). Son but est d'approcher, voire d'atteindre, les performances optimales de décodage au sens du MAP tout en gardant une complexité de réalisation acceptable pour des systèmes de réception grand public, par exemple un téléphone mobile recevant un signal vidéo.

Un inconvénient majeur commun aux deux techniques mentionnées plus haut dans la catégorie d) est lié à la grande complexité de réalisation. Ce coût en complexité provient en grande partie du fait que le décodage, souple source ou DCSC, s'effectue au niveau des symboles.

La présente invention intègre une méthode simple et efficace d'estimation de la statistique de source de symboles VLC qui, au contraire, s'intègre au niveau bit. Elle s'appuie sur le brevet européen n° 1 230 736 qui proposait déjà un procédé de décodage souple source, ou de DCSC, réalisé au niveau bit. En particulier, il a été montré dans ce brevet qu'une technique de turbo décodage peut produire des performances grandement améliorées si le premier décodeur-canal constituant le décodeur utilise à la fois la connaissance de la structure d'arbre du code VLC et les statistiques associées aux branches de l'arbre. Suivant le modèle de source, la statistique utile peut correspondre aux probabilités stationnaires ou à celles de transition. Cependant, dans toutes les options de décodage préconisées dans le brevet européen précité (souple source, DCSC avec code convolutif ou turbo code), il est supposé que la statistique de source est parfaitement connue au décodeur, ce qui n'est pas le cas général en pratique.

Il est donc proposé, dans le contexte de la présente invention, de compléter le procédé du brevet européen n° 1 230 736 en lui adjointant une méthode d'estimation de la statistique de la source simple à mettre en oeuvre.

Ce but est atteint, selon la présente invention, au moyen d'un procédé de décodage conjoint source-canal de données numériques reçues par un décodeur-canal d'un décodeur de données numériques, lesdites données numériques reçues provenant de la transmission, à travers un canal de transmission, de données numériques émises codant des valeurs discrètes, ou symboles, d'une source, des probabilités associées auxdits symboles étant appliquées à un treillis de décodage-canal dudit décodeur-canal,

notamment remarquable en ce que lesdites probabilités sont estimées de manière statistique à partir d'occurrences des symboles estimés par ledit décodeur.

Les principaux avantages obtenus par le procédé de décodage selon 5 l'invention sont les suivants :

- des gains en performance lors du décodage de sources markoviennes codées avec des VLC. Ces gains peuvent se mesurer par rapport à une méthode de type a) par des TEB (taux d'erreurs binaires) inférieurs lors d'une transmission sur un canal donné ou, de manière duale, par la nécessité d'une puissance de transmission moindre pour obtenir un TEB donné,

- pour un système de transmission et un canal donnés, la possibilité d'obtenir des résultats proches de la borne supérieure en performance des méthodes de type b),

- la possibilité de mettre en œuvre une méthode d'estimation de source suffisamment générique pour prendre en compte des sources de nature différente et ceci sans accroissement du débit de transmission,

- une méthode dont la complexité de réalisation est relativement faible par rapport aux méthodes de l'art antérieur de type d).

Si l'on note i, j, \dots les symboles associés à la source par le codage-source, l'invention prévoit que lesdites probabilités sont des probabilités $p(i)$ d'occurrences des symboles i ou des probabilités $p(i/j)$ de transitions entre symboles i et j . La probabilité notée $p(i/j)$ (probabilité de i « sachant j ») signifie, plus précisément, la probabilité de l'occurrence du symbole i consécutivement à l'occurrence du symbole j .

Selon l'invention, lesdites probabilités sont estimées de manière itérative, par accumulation des informations de symboles estimés en sortie du décodeur.

Enfin, un mode de réalisation avantageux de l'invention consiste en ce que, lesdits symboles étant codés selon un codage à longueur variable représenté par un arbre binaire de taille finie, lesdites probabilités sont associées à chaque branche dudit arbre et appliquées aux étages correspondants dudit treillis de décodage-canal.

5 De manière pratique, le procédé de décodage, objet de l'invention, peut être mis en œuvre par un décodeur conjoint source-canal de données numériques comprenant un décodeur-canal apte à recevoir, d'une part, des données numériques provenant de la transmission, à travers un canal de transmission, de données numériques émises codant des valeurs discrètes, ou symboles, d'une source, et, d'autre part, des probabilités associées auxdits symboles, notamment remarquable en ce que ledit décodeur conjoint comprend également un générateur d'histogramme d'occurrences des symboles estimés par le décodeur, des moyens de calcul de probabilités associées auxdits symboles restitués, et un moyen pour appliquer lesdites probabilités à un treillis de décodage-canal du décodeur-canal.

10 10

15 15

Plus particulièrement, il est prévu que, ledit treillis de décodage-canal étant un treillis de décodage en valeurs binaires, ledit moyen pour appliquer lesdites probabilités est un module de conversion de probabilités de symboles en probabilités de valeurs binaires.

20 La description qui va suivre en regard des dessins annexés, donnés à titre d'exemples non limitatifs, fera bien comprendre en quoi consiste l'invention et comment elle peut être réalisée.

25 La figure 1 est un schéma général d'une chaîne de codage/décodage de données numériques d'une source à travers un canal de transmission « bruité » incluant un décodeur conjoint source-canal conforme à l'invention.

La figure 2 est un schéma général d'un décodeur conjoint source-canal conforme à l'invention.

30 La figure 3 est un schéma détaillé du décodeur de la figure 2 dans le cas d'un turbo-codage.

La figure 4 est un diagramme comparatif donnant le taux d'erreur binaire (TEB) en fonction du rapport signal utile à bruit (Ebu/N0) pour la source markovienne d'ordre 1 proposée par Murad et Fuja, selon un e méthode de décodage « tandem » (pointillés), une méthode DCSC avec connaissance parfaite de la source (trait continu) et la méthode DCSC selon l'invention avec estimation de la source (tirets).

La figure 5 est un diagramme comparatif donnant le taux d'erreur binaire (TEB) en fonction du rapport signal utile à bruit (Ebu/N0) pour une

source de Gauss Markov quantifiée sur 4 niveaux, de corrélation 0,9, selon une méthode de décodage « tandem » (pointillés), une méthode DCSC avec connaissance parfaite de la source (trait continu) et la méthode DCSC selon l'invention avec estimation de la source (tirets).

5 Sur la figure 1, est représenté un schéma de transmission, à travers un canal 40 de transmission, de données numériques provenant d'un émetteur constitué des éléments 10, 20, 30 à destination d'un étage de réception, ou décodeur, constitué des éléments 50, 60.

10 Ledit émetteur comprend une source 10 de symboles i, j,... qui peuvent être générés de manière indépendante, dans ce cas il s'agit d'une source dite sans mémoire, ou de manière dépendante, par exemple suivant un modèle de Markov d'ordre 1 qui traduit le lien entre deux symboles consécutifs. Dans un codeur vidéo, ces symboles i, j,...peuvent correspondre par exemple à des coefficients de mouvement de texture quantifiés en un certain nombre de 15 valeurs discrètes.

20 Ladite source 10 est suivie d'un codeur vidéo 20 représenté par une table de codage à longueur variable (CLV), par exemple celle normalisée dans le standard vidéo MPEG4. Cette table de CLV permet de coder en données numériques les symboles de la source 10.

25 Enfin, de manière à protéger les données numériques issues du codeur 20 contre les perturbations qui seront induites au cours de leur transmission à travers le canal 40, un codage dit 'codage-canal' est appliqué auxdites données, par exemple un turbo codage convolutif parallèle.

Le canal 40 de transmission est un canal bruité, modélisé par exemple 25 par un simple canal BBAG (Bruit Blanc Additif Gaussien).

30 L'étage de réception, ou décodeur, comprend une décodeur conjoint canal-source 50 avec estimation de la statistique de source. Les données numériques issues du décodeur conjoint 50 sont appliquées à un décodeur 60 du code à longueur variable CLV, qui pourrait être celui du décodeur de vidéo MPEG4, de manière à fournir en sortie du décodeur une estimation des valeurs des symboles i, j,...de la source 10.

C'est le décodeur conjoint canal-source 50, apparaissant en gras sur la figure 1, qui fait l'objet de la présente invention, ainsi que le procédé de décodage qu'il met en œuvre.

5 Le décodeur conjoint 50 va maintenant être décrit plus en détail en regard de la figure 2.

10 Le schéma de la figure 2 montre que le décodeur 50 comprend un décodeur-canal 51, de préférence de type treillis, pouvant produire une information couple dite « *a posteriori probability* » APP. Un seuil 52 est appliqué aux données sortantes bruitées de manière à rétablir lesdites données en terme de données numériques sous forme de bits 0 ou 1. Ensuite, 15 un décodeur 53 CLV par table permet de transformer les bits reçus en symboles i, j,....

15 L'estimation des statistiques des symboles i, j,... de la source est réalisée par itération au moyen d'un générateur 54 d'histogramme permettant le calcul des probabilités des symboles, soit les probabilités stationnaires $p(i)$ pour le modèle sans mémoire, soit les probabilités $p(i/j)$ de transition pour le modèle markovien d'ordre 1.

20 On notera aussi la présence d'un module 56 de conversion probabilités symboles-> probabilités bits avec l'arbre de CLV destiné à injecter les probabilités au niveau bit dans le décodeur-canal 51. Ce module 56 de conversion est le même que celui utilisé dans le brevet européen n° 1 230 736. Toutefois, dans le contexte de l'invention illustrée à la figure 2, ce module, précédé de l'histogramme 54, est utilisé à chaque itération de décodage pour estimer la source 10, contrairement à ce qui est proposé dans 25 ce brevet où il n'est utilisé qu'une seule fois, avec des probabilités de source supposées connues au décodeur-canal 51.

30 La figure 3 fournit un schéma d'un mode de réalisation particulier du décodeur conjoint 50 de la figure 2 dans le cas d'un codage de canal réalisé selon la technique du turbo codage impliquant, en plus du décodeur-canal convolutif 51, un second décodeur-canal convolutif 51', chaque décodeur-canal convolutif étant associé à un codeur-canal convolutif au niveau du codage canal 30 de la figure 1. Le passage de l'un à l'autre des codeurs ou

décodeurs-canal se fait au travers d'une loi E d'entrelacement ou la loi inverse E^* .

5 A chaque itération du turbo décodage, les APP en sortie du deuxième décodeur convolutif 51' sont seuillées. Les bits en sortie de ce seuil 52 sont utilisés pour retrouver des symboles i, j, \dots grâce à la table 53 du codage CLV. Puis, un histogramme 54 permet de compter pour chaque symbole le nombre transmis ou encore, en gardant en mémoire la trace du symbole précédent ayant été décodé, le nombre correspondant à chaque couple successif de symboles.

10 Cet histogramme 54 permet donc de calculer des probabilités stationnaires $p(i)$ et des probabilités $p(i/j)$ de transition entre symboles (dans le cas où la source est supposée avec mémoire d'ordre 1). Ces probabilités vont être alors utilisées pour calculer les probabilités de branche de l'arbre du CLV. Ce calcul, détaillé dans le brevet européen n° 1 230 736 permet de 15 réaliser la conversion symbole-bit de la figure 3. Cette conversion est indispensable pour pouvoir insérer ces probabilités de source, qui sont alors sous forme de probabilités de branches de l'arbre du CLV, dans les étages correspondants du treillis de décodage du premier décodeur-canal convolutif 51.

20 Ces probabilités sont alors insérées comme probabilités a priori dans l'algorithme de décodage Max-Log-MAP réalisé sur le treillis du décodeur convolutif. Ces probabilités permettent d'améliorer le décodage du code convolutif. A l'itération suivante du turbo code, on recommence le processus, ce qui permet d'affiner les probabilités $p(i)$ et $p(i/j)$ des symboles de source, et donc les a priori source utilisés dans le turbo décodage.

25 L'initialisation des probabilités stationnaires et de transition associées aux symboles est effectuée en supposant une distribution uniforme, d'autres solutions peuvent être envisagées. De plus, pour limiter la propagation d'erreurs, il est possible d'effectuer une mise en paquets de par exemple 80x80 bits égale à la taille de l'entrelaceur E du turbo code. Le schéma de la figure 3 correspond à un mode de décodage de type d).

Si les blocs apparaissant en gras sur la figure 3 étaient supprimés, autrement dit si le décodeur 50 fonctionnait sans aucune connaissance a

priori sur la source, et qu'à la dernière itération seuls un seuillage et un décodage dur par table CLV étaient effectués, un décodage « tandem » de type a) serait réalisé.

5 Enfin, si on suppose qu'au lieu d'une simple estimation, comme dans le cas d), le premier décodeur-canal 51 a une connaissance parfaite de la source 10 et utilise à la fois la structure de l'arbre CLV et la statistique exacte de la source, on se trouverait dans le cas b).

10 Les figures 4 et 5 illustrent les résultats de ces trois méthodes pour deux sources différentes.

15 Comme le montre la figure 4, pour la source markovienne de trois symboles proposée par Murad et Fuja, les gains en rapport signal à bruit (mesurés par le rapport Ebu/N0) de la méthode de DCSC proposée par l'invention, par rapport au schéma tandem a) sont de l'ordre de 2 dB si l'on observe la 3ème itération du turbo décodeur à un taux d'erreur binaire (TEB) de 10^{-3} .

20 Par ailleurs, les résultats obtenus par le procédé de décodage conjoint et le décodeur conjoint selon l'invention se confondent pratiquement avec ceux de la borne supérieure de performance envisageable fixée par le système de type a).

25 Pour une source Gauss-Markov de coefficient de corrélation 0,9, quantifiée uniformément sur 4 niveaux, les résultats sont montrés à la figure 5. Le gain réalisé par l'invention est aussi de 2 dB toujours en observant le TEB à 10^{-3} à la 3ème itération du turbo code. Les résultats sont encore quasiment confondus, voire meilleurs du fait de la relative imprécision des conditions de simulation, avec ceux de la borne théorique b).

REVENDICATIONS

1. Procédé de décodage conjoint source-canal de données numériques 5 reçues par un décodeur-canal (51) d'un décodeur (50) de données numériques, lesdites données numériques reçues provenant de la transmission, à travers un canal (40) de transmission, de données numériques émises codant des valeurs discrètes, ou symboles (i, j, ...), d'une source (10), des probabilités associées auxdits symboles étant appliquées à un treillis de 10 décodage-canal dudit décodeur-canal (51), caractérisé en ce que lesdites probabilités ($p(i)$, $p(i/j)$) sont estimées de manière statistique à partir d'occurrences des symboles estimés par ledit décodeur (50).
2. Procédé de décodage conjoint selon la revendication 1, caractérisé en ce que lesdites probabilités sont estimées de manière itérative.
- 15 3. Procédé de décodage conjoint selon l'une des revendication s 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdites probabilités sont des probabilités ($p(i)$) d'occurrences des symboles.
4. Procédé de décodage conjoint selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que lesdites probabilités sont des probabilités ($p(i/j)$) de 20 transitions entre symboles.
5. Procédé de décodage conjoint selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que ledit décodeur-canal (51) est un décodeur convolutif associé à un codeur convolutif de canal.
6. Procédé de décodage conjoint selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que, le décodeur étant un turbo-décodeur, ledit 25 décodeur-canal est le décodeur-canal (51) d'entrée dudit turbo-décodeur.
7. Procédé de décodage conjoint selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, caractérisé en ce que, lesdits symboles étant codés selon un codage à longueur variable (CLV) représenté par un arbre binaire de taille finie, lesdites 30 probabilités ($p(i)$, $p(i/j)$) sont associées à chaque branche dudit arbre et appliquées aux étages correspondants dudit treillis de décodage-canal.

8. Décodeur conjoint source-canal de données numériques comprenant un décodeur-canal (51) apte à recevoir, d'une part, des données numériques provenant de la transmission, à travers un canal (40) de transmission, de données numériques émises codant des valeurs discrètes, ou symboles (i, j,...) , d'une source (10) , et, d'autre part, des probabilités associées auxdits symboles, caractérisé en ce que ledit décodeur conjoint (50) comprend également un générateur (54) d'histogramme d'occurrences des symboles estimés par le décodeur (50), des moyens (55) de calcul de probabilités ($p(i)$, $p(i/j)$) associées auxdits symboles restitués, et un moyen (56) pour appliquer lesdites probabilités à un treillis de décodage-canal du décodeur-canal (51).

9. Décodeur conjoint selon la revendication 8, caractérisé en ce que, ledit treillis de décodage-canal étant un treillis de décodage en valeurs binaires ((0,1) ou (-1,1) en considérant une modulation), ledit moyen pour appliquer lesdites probabilités est un module (56) de conversion de probabilités ($p(i)$, $p(i/j)$) de symboles en probabilités de valeurs binaires ((0,1) ou (-1;1)).

10. Décodeur conjoint selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en ce que lesdites probabilités sont des probabilités ($p(i)$) d'occurrence des symboles.

11. Décodeur conjoint selon l'une quelconque des revendications 8 à 10, caractérisé en ce que lesdites probabilités sont des probabilités ($p(i/j)$) de transitions entre symboles.

12. Décodeur conjoint selon l'une quelconque des revendications 8 à 11, caractérisé en ce que ledit décodeur-canal (51) est un décodeur convolutif associé à un codeur convolutif de canal.

13. Décodeur conjoint selon l'une quelconque des revendications 8 à 12, caractérisé en ce que, le décodeur étant un turbo-décodeur, ledit décodeur-canal est le décodeur-canal (51) d'entrée dudit turbo-décodeur.

14. Décodeur conjoint selon l'une quelconque des revendications 8 à 13, caractérisé en ce que, lesdits symboles étant codés selon un codage à longueur variable (CLV) représenté par un arbre binaire de taille finie, lesdites probabilités ($p(i)$, $p(i/j)$) sont associées à chaque branche dudit arbre et appliquées aux étages correspondants dudit treillis de décodage-canal.

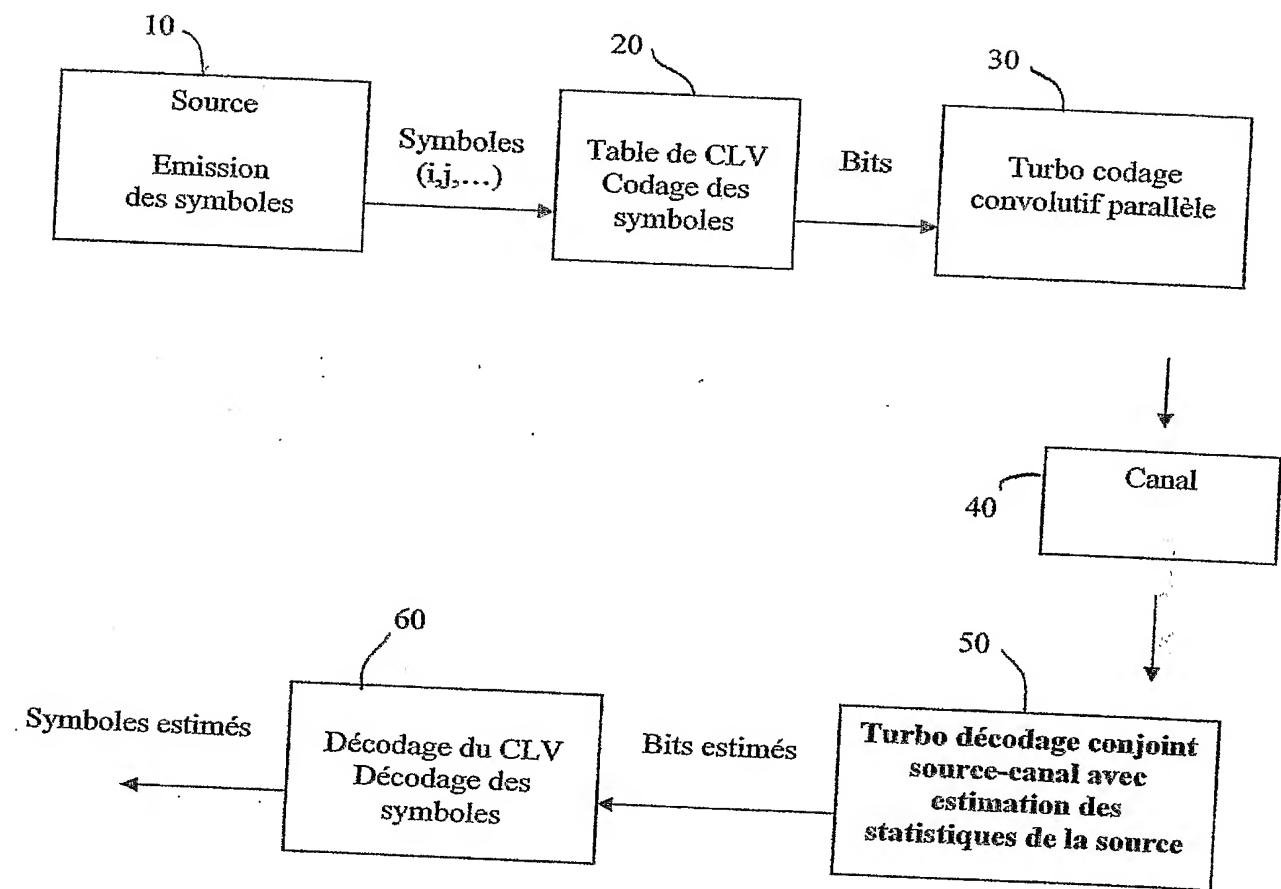


FIG.1

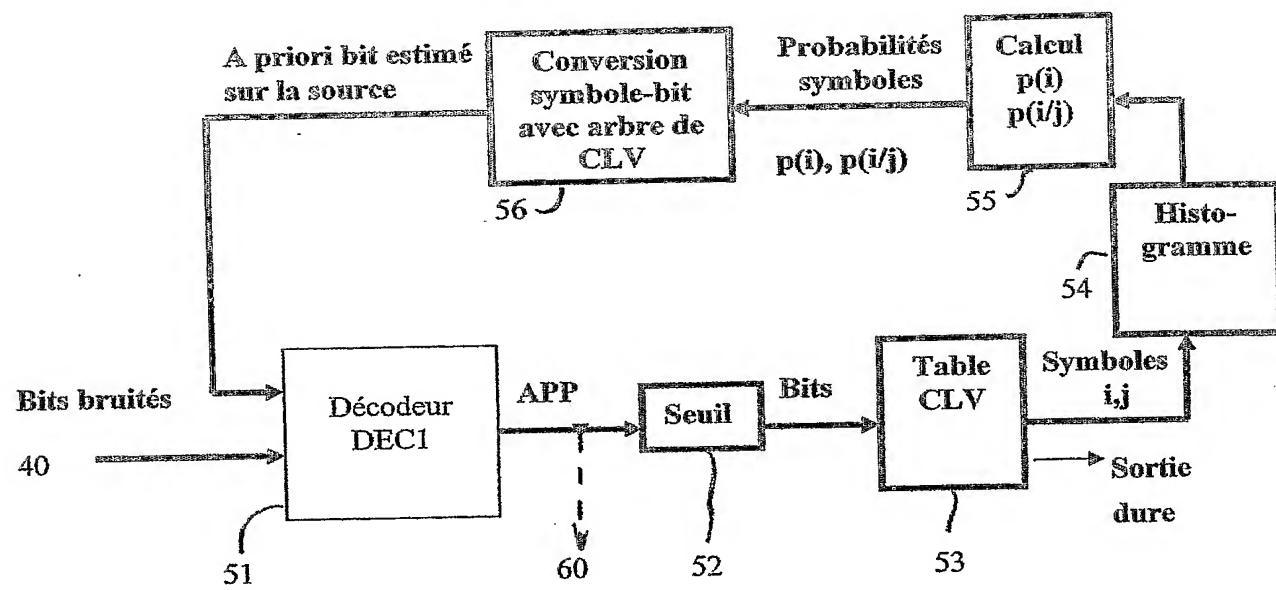


FIG.2

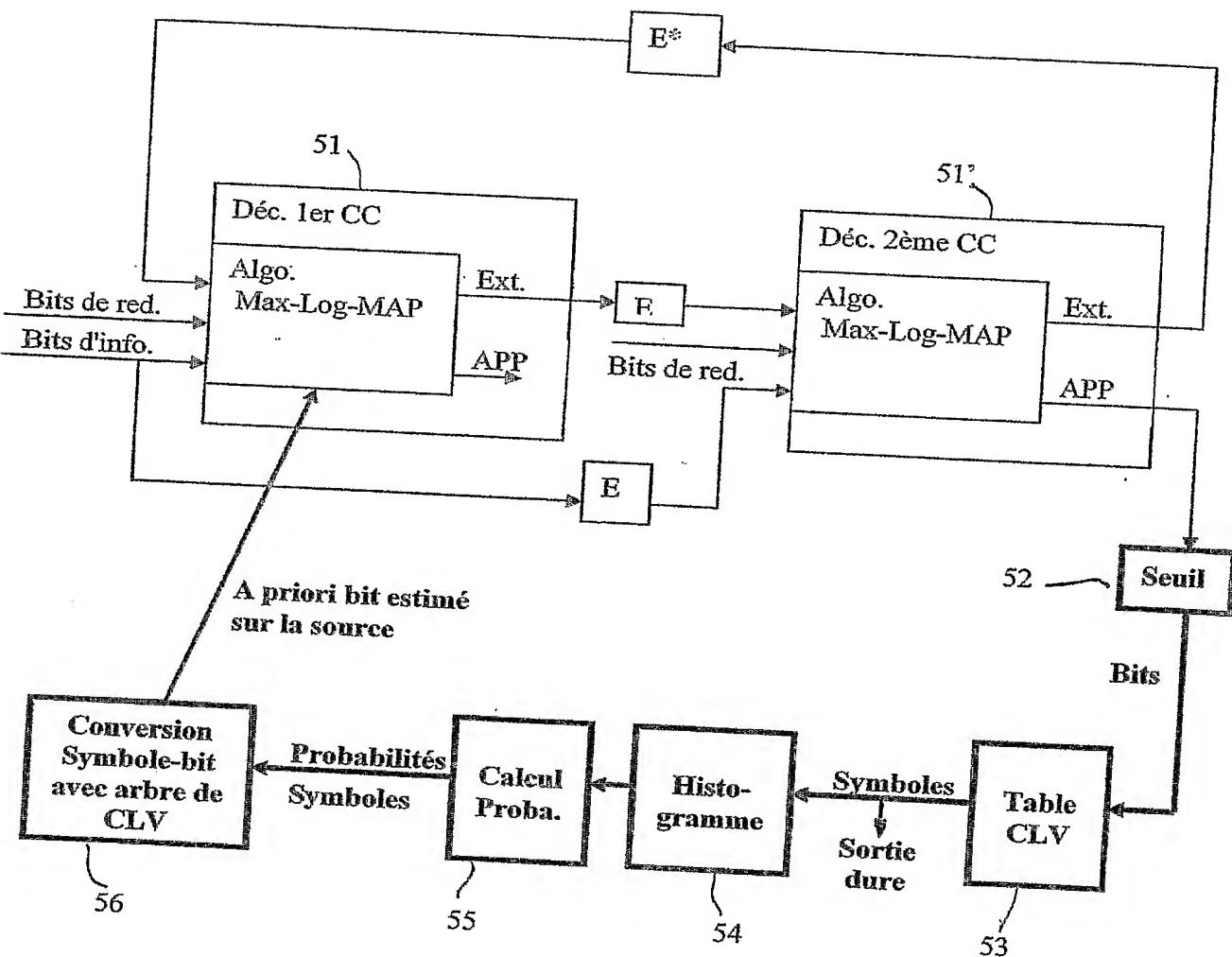


FIG.3

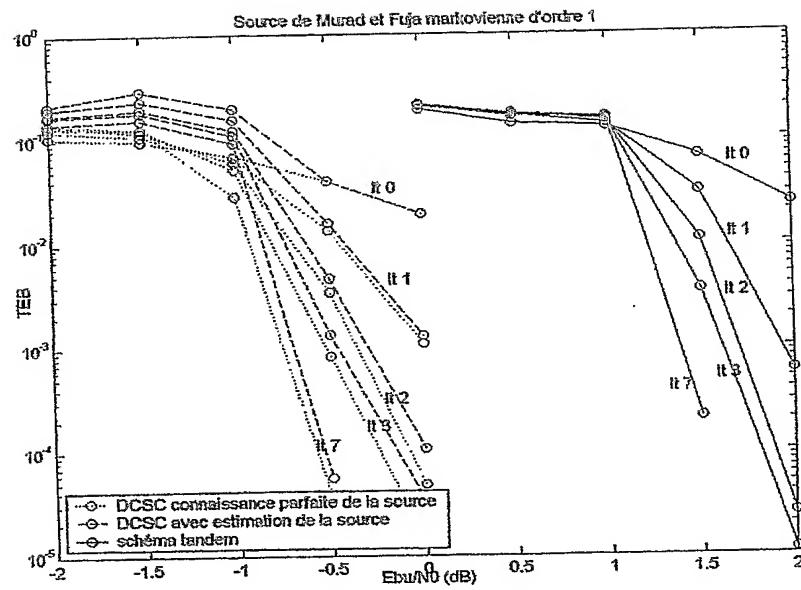


FIG.4

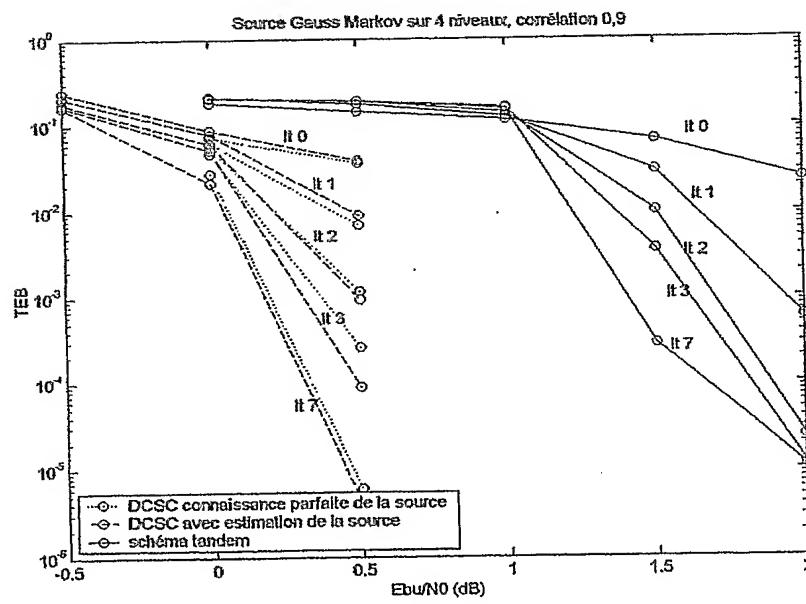


FIG.5



BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ

Désignation de l'inventeur

Vos références pour ce dossier		B11265
N°D'ENREGISTREMENT NATIONAL		
TITRE DE L'INVENTION		
		PROCEDE DE DECODAGE CONJOINT SOURCE-CANAL ET DECODEUR CONJOINT SOURCE-CANAL ASSOCIE
LE(S) DEMANDEUR(S) OU LE(S) MANDATAIRE(S):		
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S):		
Inventeur 1		
Nom		JEANNE
Prénoms		Marion
Rue		117 avenue Aristide Briand
Code postal et ville		35000 RENNES
Société d'appartenance		
Inventeur 2		
Nom		SIOHAN
Prénoms		Pierre
Rue		35 rue Maurice Hay
Code postal et ville		35200 RENNES
Société d'appartenance		

La loi n°78-17 du 6 janvier 1978 relative à l'informatique aux fichiers et aux libertés s'applique aux réponses faites à ce formulaire.
Elle garantit un droit d'accès et de rectification pour les données vous concernant auprès de l'INPI.

Signé par

Signataire: FR, Cabinet Grynwald, A.Grynwald

Emetteur du certificat: DE, D-Trust GmbH, D-Trust for EPO 2.0

Fonction

CABINET GRYNWALD (Mandataire 1)

